

Parcelles à trois niveaux de protection en culture cotonnière au Tchad. Résultats sur trente ans

A. Renou, T. Martin, I. Gopaye

A. Renou, T. Martin : entomologistes CIRAD-C.A.
I. Gopaye : entomologiste.
Station de Bébedjia, BP 31 Moundou, Tchad.

Résumé

A partir de résultats d'expérimentations conduites pendant 30 ans sur la station de Bébedjia au Tchad, les auteurs analysent l'évolution de la pression des ravageurs sur la culture cotonnière, et suivent l'efficacité des recommandations de protection faites aux services de vulgarisation.

Les pertes de production dues essentiellement aux ravageurs carpophages (*Helicoverpa armigera* Hbn., *Diparopsis watersi* Roths et *Earias* sp.) sont toujours élevées. Elles atteignent en moyenne 54,7 % du potentiel de la culture ; mais elles sont très variables d'une année à l'autre. Sur le taux de capsules entièrement saines, l'incidence des ravageurs s'est atténuée au cours de la période étudiée. Une plus grande précocité des variétés et d'une

moindre abondance de certains ravageurs en fin de campagne expliqueraient cette évolution.

Dans ce dispositif, les recommandations de protection assurent une production satisfaisante : en moyenne 78,9 % du potentiel, en doublant presque la production attendue en l'absence de traitement. Ces performances par rapport à celles d'une protection maximale se sont améliorées au cours de la période considérée. L'évolution de la nature des matières actives en est à l'origine, tant pour les productions que pour le pourcentage de capsules entièrement saines. L'apparition des pyréthrinoides a permis de grands progrès, mais il faut être vigilant quant au maintien de leur efficacité contre les ravageurs carpophages.

MOTS CLES : cotonnier, protection phytosanitaire, recommandations, Tchad.

Introduction

La culture cotonnière au Tchad est sujette à l'action de nombreux ravageurs (MONTEIL, 1934 ; GALICHET, 1957 ; COUILLAUD, 1964 et 1965 ; SILVIE, 1989 et 1991) qui induisent des pertes de production en quantité et en qualité.

Chaque année depuis 1962, sur la station de Bébedjia, un dispositif expérimental décrit par DELATTRE et LEGALL en 1982, mais défini bien antérieurement par ces auteurs, permet de suivre la composition et la dynamique des populations prédatrices du cotonnier, leur incidence

sur la culture, ainsi qu'une approche de l'efficacité des recommandations de protection faites aux services de vulgarisation.

Une première synthèse de ces travaux a été réalisée par SILVIE et GOZÉ (1991) pour la période allant de 1962 à 1987. Nous complétons cette étude jusqu'en 1991, mais analysons surtout de façon évolutive les rendements en coton-graine, les pourcentages de capsules entièrement saines et les ravageurs carpophages.

Matériels et méthodes

Dispositif

Tous les résultats proviennent d'expérimentations où trois niveaux de protection insecticide de la culture cotonnière sont comparés, dans un dispositif non statisti-

que à deux répétitions : aucune protection (NT), protection recommandée (ST ou standard) et protection maximale (PP ou plafond).

L'arrangement des parcelles en double escalier (fig. 1) permet au niveau PP, le plus traité, de bénéficier d'une protection d'ambiance, dont l'effet est toutefois atténué par la grande dimension des parcelles (de 400 à 600 m² suivant les années). Cet effet, joint à celui de la protection maximale, assure un rendement qui se rapproche plus du potentiel de la culture (absence d'incidence des ravageurs), compte tenu des techniques culturales appliquées. Cependant, les biais liés à cette protection d'ambiance s'annuleront dans une analyse évolutive et comparative des résultats des différentes campagnes. Dans ce dispositif d'étude, où les parcelles recevant une protection ST sont sujettes à des effets de bordure qui introduisent un biais, l'analyse évolutive garde un grand intérêt. Enfin, l'avantage de ce dispositif est de permettre une évaluation correcte des pertes potentielles dues aux ravageurs.

Aucune protection	Protection recommandée	Protection maximale	Protection maximale	Protection recommandée	Aucune protection
NT	ST	PP	PP	ST	NT

Figure 1
Disposition des parcelles en double escalier.
Plot layout in a double stair.

Les pratiques culturales

En 1991, SILVIE et GOZÉ décrivent avec beaucoup de précisions les différentes techniques culturales appliquées de 1962 à 1987 sur ces expérimentations. Nous nous contentons de compléter ces données pour les dernières campagnes dans le tableau 1.

TABLEAU 1
Données culturales pour les campagnes de 1988 à 1991.
Cropping data for the 1988 to 1991 seasons.

Caractéristiques	1988	1989	1990	1991
Labour (dates)	17-05	11-05	30-05	30-05
Semis (dates)	05-06	04-06	11-06	14-06
Variété	IRMA 1243	V 196	IRMA 9697	IRMA 9697
Engrais (dates)	15-07	20-07	09-07	30-07
complet (kg/ha)	270	200	200	200
urée (kg/ha)	100	50	50	50
tourteau (kg/ha)	300			
Densité	40 000	40 000	40 000	40 000
(plantes/ha)				

Ces pratiques culturales correspondent à un niveau d'intensification supérieur à celui appliqué par les paysans tchadiens.

Les programmes de protection

Les applications insecticides ont été le plus souvent effectuées avec des pulvérisateurs à dos à pression entretenue, équipés de rampes horizontales à quatre buses permettant de traiter deux lignes par passage (soit un

volume de 80 à 100 l/ha). Mais, de 1975 à 1978, un tracteur enjambeur (Derot Tecnomat) équipé d'une rampe traitant huit lignes par passage a été employé (200 l/ha). Jamais, les applications furent réalisées suivant la technique UBV (ultra bas volume). Ainsi, seules des formulations en émulsion concentrée furent utilisées.

Le programme ST (standard) a toujours suivi les recommandations de la recherche, tant en matière de traitements (nombre et fréquence) qu'en nature des matières actives insecticides employées. Le premier traitement est réalisé, le plus souvent au 45^e jour après la levée, ce qui correspond au début de la floraison, et les traitements suivants ont lieu tous les 14 jours. Leur nombre a varié de 5 à 6 au cours des campagnes (exceptionnellement 8, en 1967). Les matières actives employées furent de différentes natures suivant les périodes, comme le précise le tableau 2.

TABLEAU 2
Nature des matières actives employées suivant les périodes.
Types of active ingredients used depending on the periods.

Périodes	Nature des matières actives
1962-1964	Endrine
1965-1970	Endrine et DDT
1971-1980	Endosulfan, DDT et méthyl-parathion
1981-1982	Pyréthroïde
1983-1991	Pyréthroïde et organo-phosphorés

Nous indiquons dans le tableau 3 les doses d'utilisation de matières actives utilisées pendant les quatre dernières années de l'étude ; pour les autres années, ces éléments figurent dans la publication de SILVIE et GOZÉ (1991).

TABLEAU 3
Doses d'utilisation des matières actives, de 1988 à 1991.
Doses of active ingredients applied from 1988 to 1991

Années	Matières actives	Doses utilisées par traitement (g/ha)
1988	Deltaméthrine et monocrotophos	10 250
1989	Cyfluthrine et ométhoate	15 300
1990	Deltaméthrine et monocrotophos	10 250
1991	Deltaméthrine et monocrotophos	10 250

La protection maximale, PP ou plafond, diffère de la protection ST non pas par la nature ou les doses de matières actives employées à chaque traitement, mais par des traitements plus précoces (généralement au 30^e jour après la levée) et par un nombre plus élevé au cours de la campagne (en agissant sur la fréquence). De 1962 à 1976, le nombre d'applications insecticides a varié de 23 (en 1971) à 46 (en 1963) et, par la suite, ce nombre fut compris entre 11 et 15.

Critères analysés

Le rendement pour chaque protection (moyenne des deux répétitions) constitue le premier critère analysé dans cette étude. Le rendement est obtenu par la pesée de la récolte sur les zones centrales de chaque parcelle (de 80 à 320 m² par parcelle, suivant les années). Les pertes potentielles de production dues aux ravageurs sont estimées en faisant la différence entre les rendements des protections PP et NT. Cette différence est exprimée en pourcentage du rendement potentiel (rendement de la protection PP). L'efficacité de la protection recommandée ST a été établie de deux manières :

- par rapport à la protection maximale

$$\frac{(\text{Rendement ST} - \text{rendement NT})}{(\text{rendement PP} - \text{rendement NT})} \times 100$$

- par l'augmentation du rendement, exprimée en pourcentage par rapport à celui en l'absence de traitement $(\text{Rendement ST} - \text{rendement NT}) / \text{rendement NT} \times 100$

Le second résultat analysé concerne les capsules entièrement saines, dont le taux est estimé pour chaque parcelle par un examen minutieux de la production. Les méthodologies pour cette observation ont varié par le volume de la récolte examinée : ce volume se rapportait soit à un nombre de plantes, soit à une surface récoltée. Pour cette raison, les résultats annuels de chaque niveau de protection (moyenne des deux répétitions) sont exprimés en pourcentage de capsules entièrement saines. L'incidence annuelle des ravageurs sur ce critère de qualité de la production est estimée par la différence des performances entre les protections PP et NT. L'efficacité de la protection recommandée est établie, par rapport à la protection maximale, de la même façon que pour le rendement :

$$\frac{(\text{Résultat ST} - \text{résultat NT})}{(\text{résultat PP} - \text{résultat NT})} \times 100$$

Enfin, nous nous sommes intéressés aux ravageurs carpophages (*Helicoverpa armigera* Hbn., *Diparopsis watersi* Roths et *Earias* sp.) qui sont encore actuellement les principaux responsables des pertes de production en culture cotonnière au Tchad. Nos analyses ont porté sur les populations cumulées de ces différents ravageurs au cours de chaque campagne, en fonction des niveaux de protection pratiqués. Les méthodologies des observations employées pour les dénombrements de ces ravageurs ayant énormément varié au cours de la période analysée (SILVIE *et al.*, 1989), nous avons préféré suivre l'efficacité des protections PP et ST contre ces différentes espèces. Ces efficacités ont été établies de la façon suivante pour chaque ravageur.

Efficacité PP :

$$\frac{(\text{Population cumulée NT} - \text{population cumulée PP})}{\text{population cumulée NT}} \times 100$$

Efficacité ST :

$$\frac{(\text{Population cumulée NT} - \text{population cumulée ST})}{\text{population cumulée NT}} \times 100$$

Le rapport de ces efficacités, pour chaque ravageur, est également analysé.

Analyse des résultats

Les résultats ont été exploités de deux manières. La première, évolutive, considère les moyennes mobiles de périodes de cinq années pour atténuer les variations aléatoires dues au manque de répétitions par année. La seconde tente de caractériser les périodes pendant lesquelles différentes matières actives ont été utilisées (tabl. 2).

Résultats et interprétations

Le rendement de la culture, l'état sanitaire des capsules et l'abondance des ravageurs, pour chaque protection phytosanitaire, sont donnés dans le tableau 4. Signalons que, au cours de l'année 1979, aucune expérimentation phytosanitaire n'a été conduite sur la station de Bébedjia, d'où l'absence de résultat. Pour d'autres années, les observations peuvent être soit manquantes (non retrouvées dans les rapports annuels d'activités), soit non réalisées.

Les rendements

Dans le tableau 4, on notera les particularités de trois années. En 1984, le rendement par hectare des parcelles non traitées est exceptionnellement bas (88 kg/ha). En 1982 et 1986, le rendement des parcelles ayant la protection maximale se situe à près de 500 kg/ha en dessous de celui des parcelles recevant la protection recommandée.

Pour ces années particulières, prises en compte néanmoins dans notre analyse, l'implantation des parcelles sur le terrain est certainement à l'origine des valeurs observées.

Dans le tableau 5, figurent les rendements moyens pour la durée de l'étude, ainsi que quelques paramètres de la protection.

On remarque que plus la protection est forte, plus le coefficient de variation interannuel est faible (tabl. 5). La protection insecticide, facteur d'intensification, atténue donc en proportion les variations interannuelles de production, en limitant les fluctuations de pression parasitaire. En effet, on constate de grandes variations dans les pertes de production dues aux ravageurs, au cours de la période analysée (fig. 2) : trois phases apparaissent :

- avant la fin des années 1960, la pression parasitaire semble forte, les pertes dépassent souvent 55 % du potentiel ;

- de la fin des années 60 à la fin des années 70, les pertes de production sont plus faibles (de 40 à 50 % du potentiel) ;

- à partir du début des années 80, la pression exercée par les ravageurs sur la production s'accroît et les pertes de production restent supérieures à 55 % du potentiel.

C'est au cours de cette période qu'elles atteignent les valeurs les plus élevées.

TABLEAU 4

Protection phytosanitaire, rendements de la culture, capsules saines et principaux ravageurs.

Phytosanitary protection, cotton yields, healthy bolls and main pests.

Année	Rendement (kg/ha)			Capsules saines (%)			<i>Helicoverpa armigera</i> ^a			<i>Diparopsis watersi</i> ^a			<i>Earias</i> sp. ^a		
	NT	ST	PP	NT	ST	PP	NT	ST	PP	NT	ST	PP	NT	ST	PP
1962	1165	1760	1844				74			572			56		
1963	1524	1964	2590	58,6	87,6	94,1	213			434			4		
1964	1723	2434	2996	69,4	81,8	90,0	842			437			9		
1965	734	2177	2712	38,7	62,8	87,0	77	35	0	33	6	0	23	0	0
1966	282	946	2377	34,2	37,4	76,5									
1967	754	2492	3422	44,6	59,7	79,1	264	156	4	61	23	3	56	13	0
1968	1695	2646	2955	57,3	75,0	92,0	61	11	1	151	65	5	11	2	0
1969	1283	2708	3412	41,4	63,2	77,7									
1970	2116	2475	2723	66,9	73,1	75,0									
1971	1319	2286	2503	40,0	68,3	79,0	142	77	6	109	100	14	16	6	0
1972	1623	2471	2611	44,5	47,0	56,4	141	51	1	277	142	16	8	6	0
1973	1567	2470	2806												
1974	591	2027	2782	49,1	69,6	81,4	223	160	85	830	322	80	93	17	15
1975	1683	2448	2604				132	63	29	171	91	31			
1976	1243	498	1700				42	23	8	87	73	55	15	5	3
1977	1110	2172	2070	63,1	83,1	85,6	759	108	47	333	79	28	109	34	12
1978	895	1373	2173	40,0	52,5	65,5	150	60	25	3390	3155	1775			
1979															
1980	1647	2641	3085	75,5	86,5	89,6	440	175	90	1530	720	500	180	40	20
1981	761	1853	2727	60,8	82,4	93,3	293	50	30	750	130	60	295	1	1
1982	1510	3450	3010	46,4	83,4	84,5	185	70	20	440	55	20	205	20	5
1983	997	2367	2549	62,6	89,0	88,5	475	130	15	145	10	0	60	15	0
1984	88	2160	3080	39,0	84,6	94,5	121	48	13	3	1	0	14	2	0
1985	955	2491	3216	80,7	94,9	97,5	1370	605	245	125	45	10	195	20	0
1986	1112	2498	1974	95,1	96,5	97,7	1321	303	85	276	33	17	194	17	5
1987	1286	3735	3866	73,5	94,8	95,7	1057	387	0	386	57	0	354	61	0
1988	1591	2782	2630	66,5	90,7	89,6	110	50	40	330	90	60	250	20	0
1989	1306	2703	2796	70,8	83,3	87,6	570	350	40	850	90	10	210	30	0
1990	1082	2662	2628	64,3	72,0	72,7	660	470	180	420	170	60	300	120	10
1991	760	1867	2144	72,0	84,4	89,0	720	290	160	490	240	160	270	120	160

^a Valeurs brutes des dénombrements (non comparables entre années).

^a Raw count values (not comparable between years).

TABLEAU 5

Rendements moyens et paramètres de la protection.

Mean yields and protection parameters.

Rendement	Protection		
	NT	ST	PP
Rendement moyen (kg/ha)	1186	2237	2689
Ecart type (kg/ha)	461	537	487
Coefficient de variation (%)	38,9	24,0	18,1
Rendement maximal (kg/ha)	2116	3735	3866
Rendement minimal (kg/ha)	88	946	1700

La figure 3 présente l'évolution de l'efficacité de la protection recommandée par rapport à l'absence de traitement, calculée sur les moyennes mobiles de production pour des périodes de 5 ans. Cette courbe montre les mêmes phases que celles observées pour les pertes de production, mais la troisième phase se détache par une efficacité très nettement supérieure, alors que les deux premières phases sont assez comparables.

La figure 4, dans laquelle est tracée l'évolution de l'efficacité de la protection recommandée par rapport à la protection maximale, met en évidence un accroissement de cette performance tout au long de la période analysée. Cette tendance pourrait résulter d'un fléchissement de l'efficacité de la protection maximale, lié à une diminution

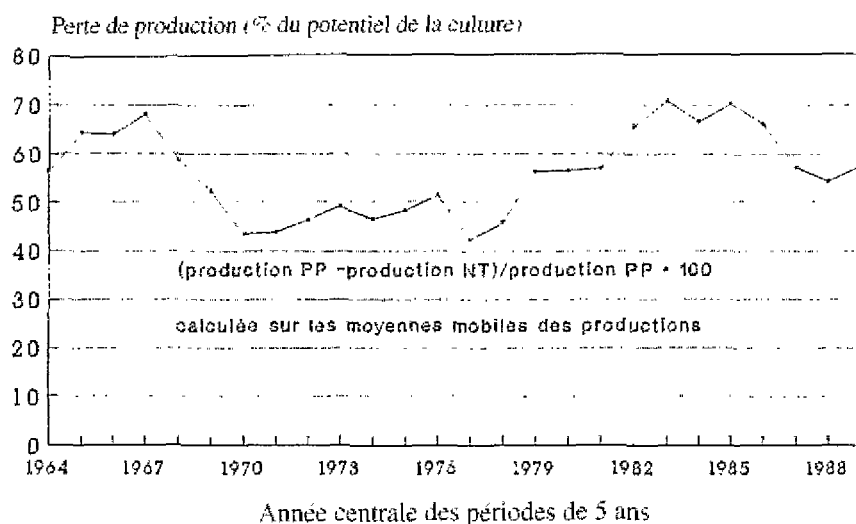


Figure 2
Evolution des pertes de production dues aux ravageurs.
Trends in production losses due to pests.

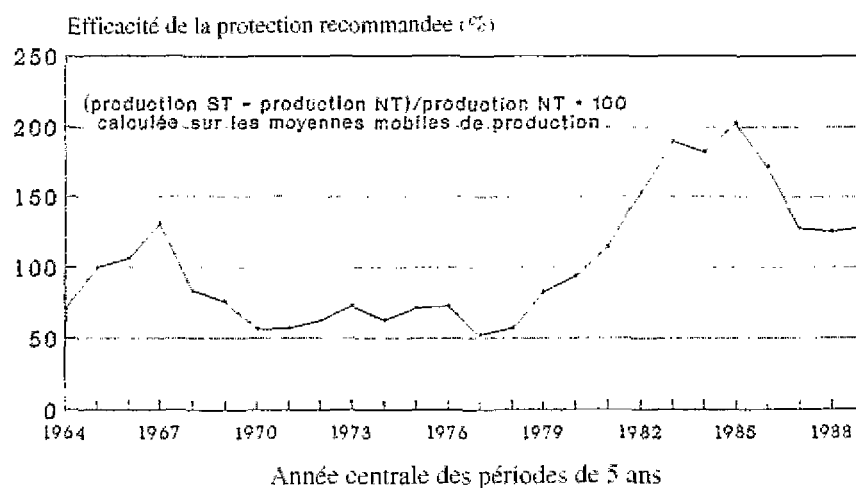


Figure 3
Efficacité de la protection recommandée, par rapport à l'absence de traitement, sur la production.
Effectiveness of the recommended protection on production, compared to no treatment at all.

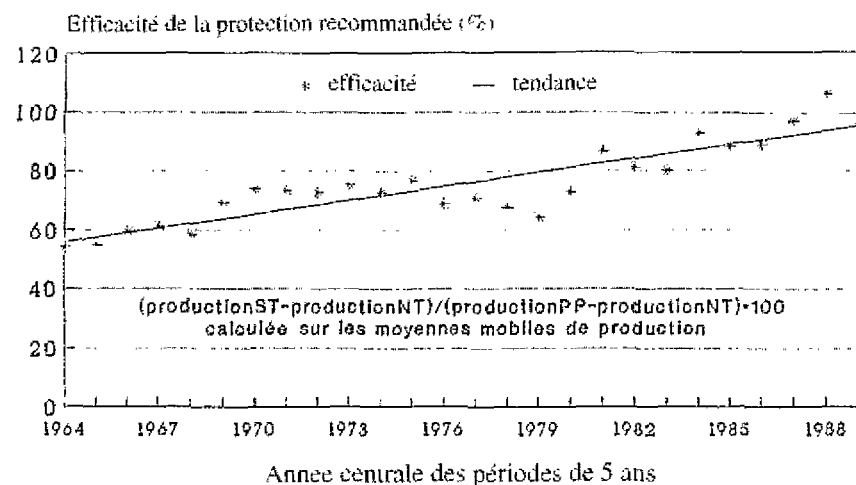


Figure 4
Efficacité de la protection recommandée, par rapport à la protection maximale, sur la production.
Effectiveness of the recommended protection on production, compared to maximum protection.

du nombre des interventions insecticides : de 23 à 46 au début de la période considérée pour passer de 11 à 15 à la fin. Cependant, l'efficacité atteinte avec une protection maximale reste élevée, et nous pensons que l'efficacité des matières actives utilisées est certainement à l'origine de l'amélioration constatée.

Cette hypothèse est confirmée par les résultats moyens

obtenus, sur différentes périodes, avec l'utilisation de matières actives de natures diverses (tabl. 6). Sont aussi soulignées les faibles performances lorsque l'endrine seule ou l'association endosulfan, DDT et méthyl-parathion a été employée. A l'opposé, dès que les pyréthrinoides sont utilisés et malgré des pressions parasitaires élevées, les performances des recommandations deviennent excellentes.

TABLEAU 6

Rendements, niveaux de protection et nature des matières actives phytosanitaires.
Yields, protection levels, and types of phytosanitary active ingredients.

Résultats	Endrine	Endrine et DDT	Endosulfan, DDT et m-parathion	Pyréthrinoides	Pyréthrinoides et organo-phosphoré
Rendement (kg/ha)					
protection NT	1471	1144	1298	1136	1020
protection ST	2053	2241	2155	2652	2607
protection PP	2477	2934	2482	2869	2765
Pertes de production (% du potentiel)	40,6	61,0	47,7	60,4	63,1
Efficacité des recommandations ST					
par rapport à NT (%)	39,6	95,9	66,0	134,0	156,0
par rapport à PP (%)	57,8	61,3	72,4	87,5	91,0

Le pourcentage de capsules entièrement saines

Les pourcentages de capsules entièrement saines obtenues sur l'ensemble de l'étude, en fonction des protections, sont donnés au tableau 7.

Comme pour les rendements, plus la protection s'intensifie, plus les variations interannuelles des pourcentages de capsules entièrement saines sont maîtrisées. On note une évolution croissante de ce critère de qualité en l'absence de protection insecticide (fig. 5). Comme les pressions parasitaires ne suivent pas cette tendance au cours de

TABLEAU 7

Capsules entièrement saines et protection phytosanitaire.
Completely healthy bolls and phytosanitary protection.

Capsules saines	Protection		
	NT	ST	PP
Capsules saines (%)	58,3	76,3	84,8
Ecart type (%)	15,8	15,6	10,2
Coefficient de variation (%)	27,1	20,4	12,0
Capsules saines maximum (%)	95,1	96,5	97,7
Capsules saines minimum (%)	34,2	37,4	56,4

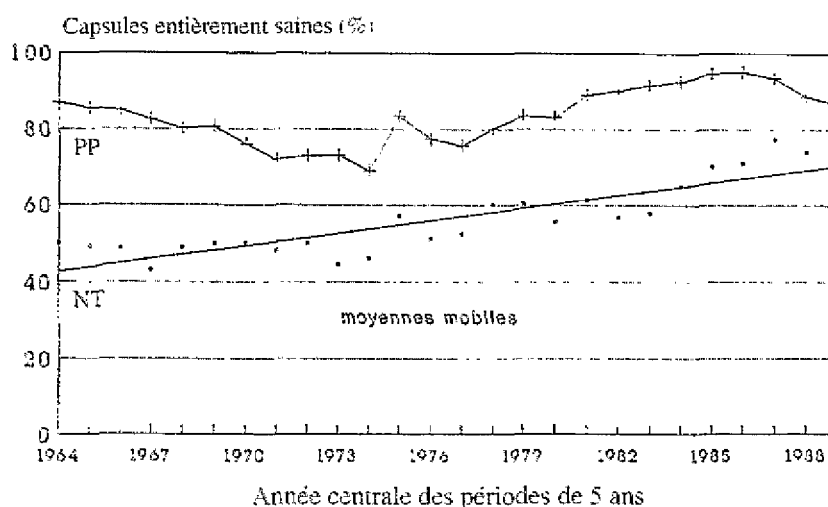


Figure 5

Taux de capsules saines en l'absence de traitement (NT) ou en protection maximale (PP).
Percentage of healthy bolls with no treatment at all (NT), or with maximum protection (PP).

la période d'analyse (fig. 2, pour des pertes de production dues essentiellement aux chenilles carpophages), cette amélioration résulterait de l'évolution d'autres facteurs. Si les pratiques culturales (en particulier la date de semis, la fertilisation et l'entretien), qui correspondent à une intensification élevée, ont peu fluctué au cours de la période considérée, par contre les variétés ont changé : cela pourrait expliquer en partie cette évolution. En effet, la sélection variétale s'est orientée vers une plus grande précocité et peu de capsules sont sujettes aux attaques de ravageurs carpophages, souvent abondants en fin de campagne. Il est également possible que certains ravageurs habituellement présents à cette période aient progressivement disparu ou soient devenus moins présents en culture cotonnière. Nous constatons effectivement beaucoup moins d'hétéroptères, en particulier de *Dysdercus voelkeri* (Schmidt), qui sont sans grande incidence sur le niveau de production mais qui peuvent affecter la qualité de celle-ci.

Pour la protection maximale (fig. 5), le taux de capsules entièrement saines semble suivre deux tendances : d'abord ce taux décroît jusqu'au milieu des années 70, puis il croît. Pour les dernières années considérées, un léger fléchissement est de nouveau observé, mais il faut le vérifier avec les prochaines campagnes.

L'évolution de l'efficacité de la protection recommandée par rapport à la protection maximale (fig. 6) est croissante pour la durée de l'étude. Le taux de capsules saines est élevé ; en fin d'étude, il est presque équivalent à celui obtenu avec une protection maximale. Une meilleure efficacité de la protection recommandée sur les ravageurs qui agissent sur ce critère de qualité peut expliquer en partie cette évolution. D'autre part, la précocité pourrait être augmentée par certaines matières actives (RENOU et ASPIROT, 1984). La nature des matières actives employées semblerait être à l'origine de l'évolution observée (tabl. 8).

TABLEAU 8

Taux de capsules entièrement saines et nature des matières actives phytosanitaires.

Percentage of completely healthy bolls and types of phytosanitary active ingredients.

Variables	Endrine	Endrine DDT	Endosulfan, DDT et m-parathion	Pyrethrineoïde	Pyrethrineoïde et organo-phosphore
Capsules saines (%)					
protection NT	64,0	47,2	52,4	53,6	69,4
protection ST	84,8	61,9	67,8	82,9	88,3
protection PP	92,0	81,2	76,3	88,9	90,3
Pertes entre PP et NT	28,0	34,0	23,9	35,3	20,9
Efficacité de ST par rapport à PP (%)	74,3	43,1	64,8	83,0	90,4

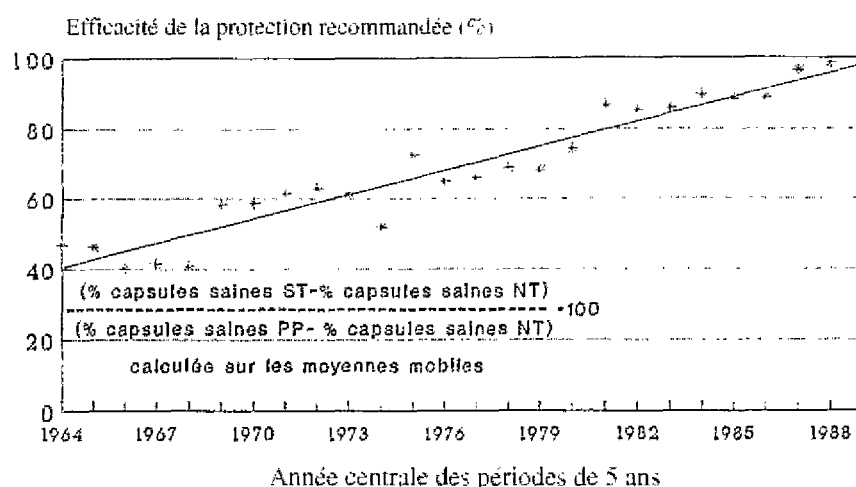


Figure 6

Efficacité de la protection recommandée, exprimée en taux de capsules saines, par rapport à la protection maximale.
Effectiveness of the recommended protection, expressed as the percentage of healthy bolls, compared to maximum protection.

Les performances obtenues au cours de la période d'utilisation de l'association endrine-DDT sont faibles. Par contre, lors des dernières périodes, dès l'apparition des pyréthrinoides dans les programmes de protection, les résultats deviennent très bons.

Les ravageurs carpophages

Les techniques de dénombrement ayant extrêmement varié au cours de la période considérée (par le nombre de plantes observées, la fréquence des observations et la durée de la période d'observation), nous nous sommes seulement intéressés aux efficacités des protections ST et

PP. Le tableau 9 précise les résultats moyens obtenus sur les trois principaux ravageurs.

Contre *H. armigera* et *D. watersi*, les efficacités des programmes ST ou PP, par rapport à l'absence de traitement, sont comparables entre elles. Par contre, l'efficacité du programme ST ou PP est plus forte contre *Earias* sp. que contre les deux ravageurs précédents. De plus, les variations d'efficacité (exprimées par le coefficient de variation c.v.) sont logiquement plus faibles lorsqu'on augmente le nombre des interventions phytosanitaires. En outre, les variations d'efficacité sont plus fortes pour *D. watersi* que pour les deux autres ravageurs.

TABLEAU 9

Efficacité moyenne des programmes de protection pendant la durée de l'étude.

Mean effectiveness of the protection programmes during the study period.

Efficacité (%)	<i>H. armigera</i>		<i>D. watersi</i>		<i>Earias</i>	
	Efficacité (%)	C.v.	Efficacité (%)	C.v.	Efficacité (%)	C.v.
Efficacité de ST						
par rapport à NT	57,9	27,7	60,9	41,7	75,9	22,1
par rapport à PP	67,2	25,0	67,1	36,5	81,8	26,3
Efficacité de PP						
par rapport à NT	85,8	13,0	84,7	20,4	93,0	15,5

Comparée à l'absence de protection, l'évolution de l'efficacité des recommandations contre *D. watersi* et celle contre *Earias* sont parallèles (fig. 7). Au début de l'étude, on note une diminution de cette efficacité jusque vers le milieu des années 70. Puis cette efficacité croît légèrement, mais c'est surtout à partir du début des années 1980 qu'elle atteint des valeurs élevées. A la fin de l'étude, on observe pour ces deux ravageurs un fléchissement de l'efficacité des recommandations.

Contre *H. armigera*, les variations d'efficacité des recommandations sont beaucoup plus faibles que pour les

deux ravageurs précédents. Au début de l'étude et jusque vers la fin des années 70, cette efficacité fluctue entre 45 et 60 %, puis elle augmente avec l'apparition des pyréthrinoides jusqu'au début des années 80. Enfin, comme pour les deux espèces précédentes, on note une diminution de l'efficacité des recommandations.

Le tableau 10 précise pour chaque matière active employée, les efficacités constatées contre ces ravageurs carpophages. Lorsque l'endrine a été utilisé seul, l'absence d'observation sur les parcelles protégées ne permet pas d'effectuer ces calculs.

TABLEAU 10

Efficacité des protections phytosanitaires contre chacun des principaux ravageurs et nature des matières actives.

Effectiveness of phytosanitary protection against the main pests, and the type of active ingredients used.

Efficacité (%)	Endrine et DDT	Endosulfan, DDT et m-parathion	Pyréthroïde	Pyréthroïde et organo-phosphoré
Efficacité de ST				
par rapport à NT contre :				
<i>H. armigera</i>	55,8	55,1	72,5	56,8
<i>D. watersi</i>	66,9	39,6	85,1	72,6
<i>Earias</i>	84,7	64,7	95,0	76,2
Efficacité de ST				
par rapport à PP contre :				
<i>H. armigera</i>	56,6	65,6	81,1	67,9
<i>D. watersi</i>	69,7	53,2	90,8	80,7
<i>Earias</i>	84,7	71,6	96,3	82,9
Efficacité de PP				
par rapport à NP contre :				
<i>H. armigera</i>	98,4	84,0	89,5	83,5
<i>D. watersi</i>	95,9	74,5	93,7	89,9
<i>Earias</i>	100,0	90,3	98,6	91,9

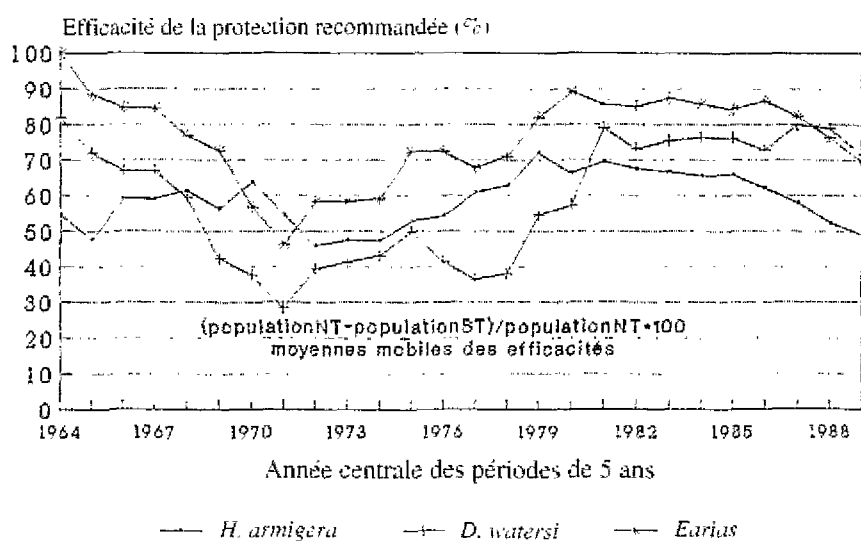


Figure 7

Efficacité de la protection recommandée contre les ravageurs carpophages, par rapport à l'absence de traitement.
Effectiveness of the recommended protection against cotton boll pests, compared to no treatment at all.

L'importance relative de chacune des espèces carpophages, *H. armigera* (fig. 8) ou *D. watersi* (fig. 9), évolue selon deux tendances. Lorsque les pyréthrinoides sont employées, l'importance relative d'*H. armigera* augmente par rapport à celle observée en l'absence de traite-

ment. Au contraire, lorsque l'association endosulfan-DDT-méthyl parathion est utilisée, l'importance relative de *D. watersi* augmente (tendance nettement plus visible dans le tableau 11).

Conclusions

Les pertes de production dues aux ravageurs, sur la station de Bébedjia ont presque toujours été élevées au cours de la période étudiée (les pertes ont été supérieures à 50 % du potentiel 14 années sur 29, et supérieures à 40 % pendant 23 ans). La protection phytosanitaire de la culture cotonnière contre les ravageurs carpophages, principaux responsables de ces pertes, y revêt donc encore une importance capitale parmi les facteurs d'intensification.

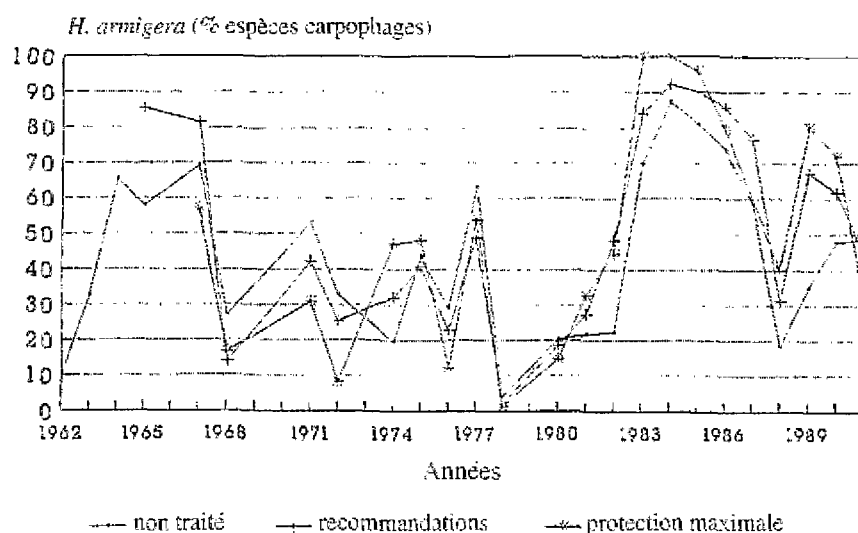
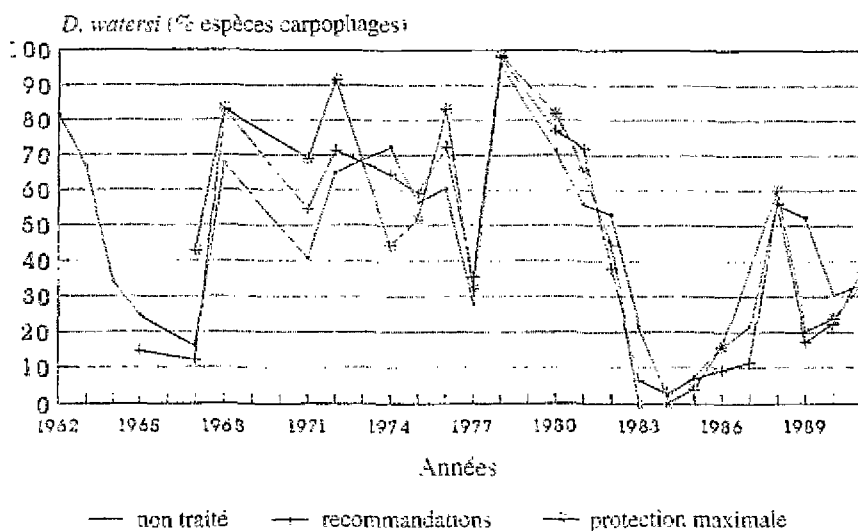
Sur un critère concernant la qualité de la production (le pourcentage de capsules saines), l'incidence de ces ravageurs semble s'être affaiblie tout au long de la période considérée, de 1962 à 1991. La précocité croissante des variétés sélectionnées et la modification de l'entomofaune prédatrice présente en fin de campagne (moins d'hétéroptères) expliqueraient cette évolution. Mais, cette étude ne concernait pas l'évolution d'autres critères de qualité, dont certains se sont malheureusement dégradés (collage de la fibre, en particulier).

Malgré certaines réserves liées au dispositif, les recommandations de protection faites aux services de vulgarisation ont toujours assuré, pour la production en coton-graine

et sa qualité (pourcentage de capsules entièrement saines), des performances satisfaisantes et qui se sont accrues. Les techniques de pulvérisation et les programmes de protection ayant peu varié au cours de la période étudiée, cette évolution résulte certainement des changements de matières actives employées.

Certes, les pyréthrinoides, grâce à leur très bonne efficacité contre les chenilles carpophages (VAISSAYRE et RENOU, 1978 ; RENOU et VAYSSAYRE, 1979), ont apporté à partir de 1980 les progrès les plus marquants. Mais, une grande vigilance dans le suivi de l'efficacité des matières actives (BRADER, 1968) a emmené des changements judicieux, compte tenu des possibilités existantes, qui ont au moins assuré un maintien des performances des protections recommandées, sans avoir recours à leur intensification.

Toutefois, à la fin de la période étudiée, bien que l'on ne constate pas avec l'application des recommandations d'incidence négative sur la production et sur la qualité (pourcentage de capsules saines), on observe une baisse d'efficacité contre les trois principaux ravageurs carpophages,

**Figure 8****Part relative d'*H. armigera* dans les espèces carpophages.***Relative share of *H. armigera* in cotton boll pest species.***Figure 9****Part relative de *D. watersi* dans les espèces carpophages.***Relative share of *D. watersi* in cotton boll pest species.***TABLEAU 11****Importance relative des espèces carpophages en fonction du programme de protection.***Relative importance of cotton boll worm species depending on the protection programme*

Espèces carpophages	Endrine et DDT	Endosulfan, et DDT m-parathion	Pyréthroïde	Pyréthroïde et organo-phosphoré
Part relative d' <i>H. armigera</i> (%)				
Protection NT	54,6	21,8	22,0	57,3
Protection ST	64,7	12,9	36,8	68,8
Protection SP	38,5	10,2	36,8	62,2
Part relative de <i>D. watersi</i> (%)				
Protection NT	33,2	72,2	54,9	27,1
Protection ST	30,3	84,5	56,7	19,3
Protection PP	61,5	87,5	58,8	25,3

Si les performances atteintes restent néanmoins satisfaisantes comparées à celles du début de la période considérée (lorsque furent introduites les associations endrine-DDT et endosulfan-DDT-méthyl-parathion), des alternatives à l'utilisation des pyréthrinoides doivent être recher-

chées au plus tôt, afin d'éviter l'apparition d'une résistance. Cette résistance commence, peut-être, à s'exprimer (MARTIN *et al.*, a paraître) dans les tests de DL50, en laboratoire.

Discussion

Ces résultats, obtenus sur la station de Bébedjia, ne sont certes pas transposables en totalité à l'ensemble de la zone cotonnière, car les conditions d'obtention ont été très particulières. L'intensification de la culture cotonnière y est traditionnellement élevée, les degrés d'infestation en ravageurs y sont souvent très forts, et la pression de sélection insecticide due aux insecticides est importante sur la plupart des soles cotonnières (hors expérimentations phytosanitaires).

Cependant, les enquêtes réalisées en 1990 et 1991 (RENOU *et al.*, 1991 et 1992) sur l'ensemble de la zone cotonnière tchadienne, destinées à évaluer les performances des pratiques paysannes de protection phytosanitaire (qui sont en majorité celles recommandées), ont révélé une performance très proche de celle obtenue sur la station, quant à la production et à sa qualité.

Par contre, nous devons être plus prudents quant à la généralisation des autres résultats présentés dans cet article. En raison de la pression de sélection exercée par les insecticides sur la station de Bébedjia, la diminution d'efficacité de certains types de matières actives contre les ravageurs carpophages pourrait ne pas être observée en

milieu paysan, car les superficies protégées dépassent à peine 60 % des superficies mises en place au cours des dernières campagnes. Cela constitue un avantage pour cette station que d'être le précurseur pour la détection des symptômes d'acquisition de résistance. Cela permet la recherche, si l'on dispose de suffisamment de temps, de stratégies de lutte adéquates. De même, il est possible que comparées aux performances en l'absence de protection insecticide, celles obtenues avec des recommandations en milieu paysan, en particulier lorsque les pyréthrinoides furent utilisées, soient beaucoup plus fortes que celles observées sur la station de Bébedjia.

Malgré la faiblesse statistique du dispositif d'étude et ses autres limites, rappelées par SILVIE (1991) qui reprenait les réflexions de REEDS (1972) et DELATTRE (1985), l'analyse des résultats de ces expérimentations sur une période aussi longue (30 années) est riche d'enseignements. Aussi, cherchons-nous à multiplier ce type d'implantation au Tchad pour mieux suivre les évolutions régionales des facteurs étudiés : la biocénose du cotonnier, l'estimation de l'incidence des ravageurs et l'évaluation des performances, afin de parfaire les recommandations faites aux services de vulgarisation.

Bibliographie

- BRADER L., 1968.- L'efficacité de quelques insecticides vis-à-vis des chenilles de la capsule *Diparopsis watersi* (Roths) et *Heliothis armigera* (Hbn.), *Coton Fibres Trop.*, 23, 483-492.
- COUILLOUD R., 1964.- Les chenilles de la capsule du cotonnier dans le bassin du Logone, *Coton Fibres Trop.*, 19, 547-564.
- COUILLOUD R., 1965.- Observations sur la faune du cotonnier dans le bassin du Logone (Tchad), *Coton Fibres Trop.*, 20, 517-530.
- DELATTRE R., LEGALL J., 1982.- Réseau de parcelles d'observations à différents niveaux de protection phytosanitaire en culture cotonnière, *Entomophaga*, 27 (n° hors série), 11-20.
- DELATTRE R., 1985.- Niveau de protection phytosanitaire et rendement de la culture cotonnière. Essai d'interprétation par un modèle simple, *C.R. Acad. Agr. de France*, 71, 1123-1132.
- GALICHET P.F., 1957.- Les principaux parasites du cotonnier au Tchad, *Coton Fibres Trop.*, 12, 357-406.
- MONTEIL L., 1934.- Les insectes nuisibles au cotonnier en Afrique équatoriale française, *Agron. Col.*, 30, 193, 1-8.
- REEDS W., 1972.- Uses and abuses of unsprayed controls in spraying trials, *Cotton Grow. Rev.*, 49, 67-72.
- RENOU A., VAISSAYRE M., 1979.- Détermination *in vitro* de la toxicité de quelques matières actives vis-à-vis des chenilles de la capsule *Heliothis armigera* Hbn. et *Diparopsis watersi* Roths (Lépidoptères, Noctuidae). Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical, Marseille, 13-16 mars 1979, *Chambre de commerce*, 85-95.

- RENOU A., ASPIROT J., 1984.- Considérations sur l'utilisation des pyréthriinoïdes en culture cotonnière au Tchad. *Coton Fibres Trop.*, 34, 101-116.
- RENOU A., MARTIN T., 1991.- Rapport annuel d'activités, section phytosanitaire, campagne 1990-1991. *Doc. CIRAD - IRCT* (non publié).
- RENOU A., MARTIN T., GOPAYE I., 1992.- Rapport annuel d'activités, section phytosanitaire, campagne 1991-1992. *Doc. CIRAD - IRCT* (non publié).
- SILVIE P., DELVARE G., MALDES J.M., 1989.- Arthropodes associés à la culture cotonnière au Tchad : ravageurs, prédateurs et parasites. *Coton Fibres Trop.*, 44, 275-290.
- SILVIE P., GOZÉ E., 1991.- Estimation des pertes de production dues aux ravageurs du cotonnier au Tchad. *Coton Fibres Trop.*, 46, 15-27.
- SILVIE P., 1991.- Dynamiques annuelles des chenilles déprédatrices des organes florifères et fructifères du cotonnier au Tchad. *Coton Fibres Trop.*, 46, 185-205.
- VAISSAYRE M., RENOU A., 1978.- Détermination de la DL 50 de quelques pyréthriinoïdes vis-à-vis d'*Heliothis armigera* Hbn. *Coton Fibres Trop.*, 33, 2, 309-311.

Cotton plots with three levels of protection in Chad Results for thirty years

A. Renou, T. Martin, I. Gopaye

Abstract

Based on the results of experiments conducted for 30 years at the Bébedjia Station in Chad, the authors analyze the trends in pest pressure on cotton crops and trace the adaptation of the protection recommendations made to extension services.

Production losses, due primarily to cotton boll worms (*Helicoverpa armigera* Hbn., *Diparopsis watersi* Roths and *Earias* sp.) are still high (54.7% of crop potential on average), but they vary considerably from one year to the next. Pest incidence on the number of completely healthy bolls lessened over the period studied. Greater precocity of varieties and the lower numbers of certain pests at the end of season would seem to explain this trend.

In the study design, the protection recommendations led to satisfactory yields: 78.9% of potential on average, almost doubling the yields obtained when no treatment was given.

These results, compared to those with maximum protection, improved during the period under consideration. Changes in the types of active ingredients used lie behind this improvement, in terms of both yields and the percentage of completely healthy bolls. The advent of pyrethroids led to substantial progress, but vigilance is required to maintain their effectiveness against cotton boll pests.

KEY WORDS: cotton plant, phytosanitary protection, recommendations, Chad.

Introduction

Cotton cultivation in Chad suffers from attacks by numerous pests (MONTEIL, 1934; GALICHET, 1957; COUILLOU, 1964 and 1965; SILVIE, 1989 and 1991) leading to production losses in terms of both quantity and quality.

Each year since 1962 at the Bébedjia Station, an experimental design described by DELATTRE and LEGALL in 1982, but defined much earlier by the same author, has been used to monitor cotton pest population composition and dynamics, their effect on the crop, and to

approximately assess the effectiveness of the protection recommendations made to the extension services.

An initial overview of this work was produced by SILVIE and GOZÉ (1991) for the period from 1962 to

1987. We shall now complete this study up to 1991, analyzing in particular the trends for seed-cotton yields, percentages of completely healthy bolls and cotton boll pests.

Material and methods

Experimental design

All the results came from experiments comparing three levels of cotton crop protection using insecticides, in a non-statistical design with two replicates: no protection (NT), recommended protection (ST, or standard) and maximum protection (PP).

The plot layout in a double stair (figure 1) means that level MP, the most treated, benefits from ambient protection, though the effect is lessened by the large size of the plots (from 400 to 600 m² depending on the years). This effect, combined with that of maximum protection, leads to yields closer to crop potential (absence of pest incidence), given the cropping techniques applied. However, the bias associated with this ambient protection will be cancelled out in an evolutive and comparative analysis of results from different seasons. In this study design, where plots receiving ST protection are subjected to border effects which introduce bias, an evolutive analysis remains highly valid. Finally, the advantage offered by this design is to enable correct evaluation of potential losses due to pests.

Cropping practices

In 1991, SILVIE and GOZÉ described in great detail the different cropping techniques applied from 1962 to 1987 in these experiments. We shall merely complete these data for the latest seasons, in table 1.

These cropping practices correspond to a higher level of intensification than that applied by farmers in Chad.

Protection programmes

Insecticide applications were mostly applied using hand operated knapsack sprayers, equipped with horizontal booms with four nozzles enabling the treatment of 2 rows per pass (i.e. a volume of 80 to 100 l/ha). However, from 1975 to 1978, a high-clearance tractor (Derot Technoma) was used, fitted with a boom treating 8 rows per pass (200 l/ha). Treatments were never applied using ULV (ultra low volume) apparatus. Hence, only concentrated emulsion formulas were used.

The ST (standard) programme always followed the recommendations made by research, as regards both treatments (number and frequency) and the types of insecticide active ingredients used. The first treatment was usually carried out on the 45th day after crop emergence,

which corresponds to the start of flowering, and the following treatments were carried out every fortnight. The number of treatments varied from 5 to 6 over the season (exceptionally 8 in 1967). The active ingredients used were different types depending on the periods, as indicated in table 2.

Table 3 shows the doses of active ingredients applied during the last four years of the study; for the other years, this information is given in the publication by SILVIE and GOZÉ (1991).

Maximum protection (PP) differed from ST protection, not through the types or doses of active ingredients used in each treatment, but through an earlier start to treatments (usually on the 30th day after crop emergence) and by a higher number of applications during the season (by altering the frequency). From 1962 to 1976, the number of insecticide applications varied from 23 (in 1971) to 46 (in 1963), remaining between 11 and 15 thereafter.

Criteria analyzed

The yields for each type of protection (mean of the two replicates) were the first criterion analyzed in this study. Yield figures were obtained by weighing the harvest from the central zones of each plot (from 80 to 320 m² per plot, depending on the years). Potential production losses due to pests were estimated by working out the difference between PP and NT yields. This difference was expressed as a percentage of potential yield (yield of protection PP). The effectiveness of the recommended protection ST was established in two ways:

- compared to maximum protection (ST yields - NT yields)/(MP yields - NT yields) x 100,

- through the increase in yields (expressed as a percentage) compared to those obtained in the absence of protection (ST yields - NT yields)/NT yields x 100.

The second result analyzed was completely healthy bolls, the rate of which was estimated for each plot by meticulously examining the harvests. The methodologies for this observation varied in terms of the volume of yields examined: the volume was linked either to a number of plants, or to an area harvested, hence the annual results for each level of protection (mean for the two replicates) are expressed as a percentage of completely healthy bolls. The annual pest incidence on this yield quality criterion was estimated through the difference in performance between

protections PP and NT. The effectiveness of the recommended protection was established in comparison to maximum protection, in the same way as for yields:

$$(ST \text{ result} - NT \text{ result}) / (PP \text{ result} - NT \text{ result}) \times 100$$

Finally, we turned to cotton boll worms (*Helicoverpa armigera* Hbn., *Diparopsis watersi* Roths and *Earias* sp.) which are still currently the main causes of cotton production losses in Chad. Our analyses involved the cumulated populations of these different pests during each season, depending on the protection levels practised. As the observation methodologies used for pest counts varied enormously over the period analyzed (SILVIE *et al.*, 1989), we opted to monitor the effectiveness of protections MP and ST against these different species. Effectiveness was determined as follows for each pest.

PP effectiveness:

$$(NT \text{ cumulated population} - PP \text{ cumulated population}) / NT \text{ cumulated population} \times 100$$

ST effectiveness:

$$(NT \text{ cumulated population} - ST \text{ cumulated population}) / NT \text{ cumulated population} \times 100$$

The effectiveness ratio for each pest is also analyzed.

Analysis results

The results were used in two ways. The first, evolutive, considered the mobile means for five-year periods so as to smooth out any random variations due to the lack of replicates per year. The second attempted to characterize the periods in which different types of active ingredients were used (Table 2).

Results and interpretations

Crop yields, the physical condition of the bolls and pest numbers are given in table 4 for each type of phytosanitary protection.

No phytosanitary experiments were conducted at the Bebedjia station in 1979, hence the lack of results. For other years, the observations are either missing (not found in the annual activities reports), or not carried out.

Yields

As can be seen in table 4, three years stand out in particular. In 1984, yields per hectare in the untreated plots were exceptionally low (88 kg/ha). In 1982 and 1986, yields in the maximum protection plots were nearly 500 kg/ha lower than those in plots receiving the recommended protection. For these particular years, which were nonetheless taken into account in our analysis, the layout of the plots in the field was undoubtedly responsible for the values observed.

Table 5 gives the means for the observations over the study period, along with a few protection parameters.

It can be seen that higher the protection, the lower is the coefficient of variation between the years (Table 5). Insecticide protection, an intensification factor, therefore proportionally lessens production variations between years, by limiting fluctuations in parasite pressure. In fact, large variations can be seen in production losses caused by pests during the period analyzed (fig. 2). Moreover, three phases come to light:

- before the end of the 1960s, parasite pressure seemed high, with losses often exceeding 55% of potential,

- from the end of the 1960s to the end of the 1970s, production losses were lower (from 40 to 50% of potential),

- since the beginning of the 1980s, the pressure exerted on production by pests has increased and yield losses remain above 55% of potential. Moreover, it was during this period that the highest losses occurred.

Figure 3 shows the changes in the effectiveness of the recommended protection compared to no treatment at all, calculated from the mobile production means for 5-year periods. This curve reveals the same phases as those observed for production losses, but the third phase stands out through its distinctly greater effectiveness, whereas there is less of a difference for the first two phases.

Figure 4, which indicates the changes in recommended protection effectiveness compared to maximum protection, reveals an increase in performance throughout the period analyzed. This trend may result from a weakening of maximum protection effectiveness, linked to a reduction in the number of insecticide applications: from 23 to 46 at the start of the period considered, dropping to 11 to 15 at the end of the period. However, the effectiveness achieved with maximum protection remains high, and we feel that the active ingredients used were almost certainly behind the improvement seen.

This hypothesis is confirmed by the mean results obtained, over different periods, using different types of active ingredients (table 6). The poor performances of endrin alone, or a combination of endosulfan-DDR-methyl parathion, is also emphasized. On the other hand, as soon as pyrethroids were used, and despite high parasite pressure, the effectiveness of the recommended protection became excellent.

Percentage of completely healthy bolls

The percentages of completely healthy bolls obtained for the study as a whole, depending on the protection levels, are given in table 7.

As for yields, the more the protection is intensified, the more effectively the interannual variations in completely healthy boll percentages are overcome. An upward trend can be seen for this quality criterion in the absence of insecticide protection (fig. 5). As parasite pressure did not follow this trend over the period analyzed (fig. 2 for production losses due primarily to boll worms), this improvement would appear to be due to changes in other factors. Whilst cropping practices (sowing date, fertilization and upkeep in particular), which correspond to high intensification, hardly fluctuated during the period under consideration, the varieties did change: this could partly explain this evolution. In fact, varietal selection was geared towards greater precocity and few bolls were subjected to attack by cotton boll pests, which are often abundant at the end of the season. It is also possible that certain pests usually present at this time had gradually disappeared or were less numerous in the cotton crops. Indeed, a much smaller number of heteropterans was seen, especially *Dysdercus voelkeri* (Schmidt), which have little impact on production levels, though they can affect quality.

For maximum protection (fig. 5), the percentage of completely healthy bolls seems to follow two trends: firstly, this rate decreased up to the mid-1970s, then increased. For the latest years considered, a slight downturn was seen again, but further checks will have to be made with subsequent seasons.

The change in the effectiveness of the recommended protection compared to maximum protection (fig. 6) is upward for the study as a whole. The percentage of healthy bolls was high at the end of the study, being almost equivalent to that obtained with maximum protection. Greater effectiveness of the protection recommended against pests affecting this quality criterion may partly explain this evolution. Moreover, precocity could be increased by certain active ingredients (RENOU and ASPIROT, 1984). The types of active ingredients used would seem to lie behind the change observed (table 8).

The results obtained over the period of combined endrin-DDT use were poor. However, over the last few periods, results became very good as soon as pyrethroids were included in the protection programmes.

Cotton boll pests

As the counting techniques varied considerably during the period under consideration (by the number of plants observed, the frequency of observations and the length of the observation period), we only took into account the effectiveness of protections ST and PP. Table 9 shows the mean results obtained for the main three pests.

Compared to no treatment at all, the effectiveness of the ST and PP programmes on *H. armigera* and *D. watersi* was similar. In addition, the ST or PP programmes were more effective against *Earias* sp. than against the previous two pests. Moreover, the variations in effectiveness (expressed as a coefficient of variation c.v.) were logically lower when the number of insecticide applications was increased. The variations in effectiveness were also higher for *D. watersi* than for the other two pests.

Compared to no protection at all, the changes in the effectiveness of the recommendations against *D. watersi* and those against *Earias* are parallel (fig. 7). At the beginning of the study, there was a drop in effectiveness up to the mid-1970s, followed by a slight increase, but it was from the beginning of the 1980s that it reached high values. By the end of the study, a downturn was seen in the effectiveness of the recommendations against these two pests.

Against *H. armigera*, the variations in the effectiveness of recommendations were much smaller than for the previous two pests. At the beginning of the study and up to the end of the 1970s, effectiveness fluctuated between 45 and 60%, then increased up to the start of the 1980s with the introduction of pyrethroids. Finally, as for the previous two species, a drop in recommendation effectiveness is seen.

Table 10 indicates the effectiveness observed for each active ingredient used against these cotton boll pests. As there were no observations made of the plots protected with endrin alone, no calculations can be made.

The relative seriousness of each of the cotton boll worm species, *H. armigera* (fig. 8) or *D. watersi* (fig. 9) evolves in two ways. When pyrethroids are used, the relative importance of *H. armigera* increases compared to that observed with no treatment at all. When combined endosulfan-DDT-methyl parathion is used, the relative importance of *D. watersi* increases (this tendency shows up more clearly in table 11).

Conclusions

Production losses caused by pests at the Bébedjia station were virtually always high over the period studied (losses were over 50% of potential for 14 years out of 29 and more than 40% for 23 years). The phytosanitary

protection of cotton crops against cotton boll pests, the pests mainly responsible for these losses, is therefore of paramount importance as an intensification factor.

Based on a criterion relative to production quality (percentage of healthy bolls), the incidence of these pests seemed to lessen over the period considered, from 1962 to 1991. The increasing precocity of selected varieties and modification of the pest populations existing at the end of the season (fewer heteroptera) would seem to explain this change. However, this study did not cover changes in other quality criteria, certain of which unfortunately declined (especially fibre stickiness).

Despite certain reservations as regards the experimental design, the protection recommendations made to the extension services always ensured satisfactory seed-cotton production and quality (percentage of completely healthy bolls), which increased. As spraying techniques and the protection programmes hardly varied during the course of the study period, this evolution undoubtedly results from changes in the active ingredients used.

There is no doubt that pyrethroids, through their very good effectiveness against boll worms (VAISSAYRE and RENO, 1978; RENO and VAISSAYRE, 1979), brought

with them the most notable progress from the 1980s onwards. However, the very careful watch kept on the effectiveness of active ingredients (BRADER, 1968) has led to wise changes, bearing in mind the possibilities open, which have ensured, at the very least, the maintenance of recommended protection performances, without needing to intensify protection.

Nevertheless, by the end of the period studied, although no negative effect was seen on production and quality (percentage of healthy bolls) when the recommendations were applied, a drop was seen in effectiveness against the main three cotton boll pests. Whilst the results obtained remain satisfactory compared to those at the beginning of the period considered (when the endrin-DDT and endosulfan-DDT-methyl parathion combinations were introduced), alternatives to the use of pyrethroids need to be found as soon as possible, so as to prevent any build-up of resistance. The expression of such resistance may be starting (MARTIN *et al.*, gone to press) in DL50 tests in the laboratory.

Discussion

Undoubtedly, these results at the Bébedjia station cannot be extrapolated to the whole of the cotton growing zone, as the conditions under which they were obtained were highly specific. Intensification of cotton cultivation is traditionally high there, the degree of pest infestation is often severe and insecticide selection pressure due to insecticides is considerable in most cotton growing areas (outside phytosanitary experiments).

However, surveys carried out in 1990 and 1991 (RENO *et al.*, 1991 and 1992) throughout the cotton zone in Chad to assess the performance of farmer practices as regards phytosanitary protection (which are mostly those recommended), revealed results very similar to those obtained at the station in both production quantity and quality.

However, we have to be more careful in generalizing other results mentioned in this article. Given the selection pressure exerted by insecticides at the Bébedjia station, the drop in the effectiveness of certain types of active ingredient against cotton boll pests may be missed in the smallholder

environment, since the areas protected hardly ever exceed 60% of the areas set up during the latest seasons. It is an asset for this station to be a precursor for the detection of resistance acquisition symptoms. If there is enough time, this will enable adequate control strategies to be found. Likewise, compared to no treatment at all, it is possible that the results obtained with the recommended protection on smallholdings, especially when pyrethroids were used, may be much less marked than those observed at the Bébedjia station.

Despite the statistical weakness of the study design and its other limits, mentioned again by SILVIE (1991), recalling the opinions expressed by REEDS (1972) and DELATTRE (1985), an analysis of the results in these experiments over a sufficiently long period (30 years) is a mine of useful information. We are therefore seeking to multiply sites in Chad, so as to monitor more closely the regional trends in the factors studied: cotton biocoenosis, estimation of pest incidence and evaluation of results for the recommendations made to extension services.

— — — — —

Parcelas con tres niveles de protección en cultivo algodónero en Chad. Resultados de treinta años.

A. Renou, T. Martin, I. Gopaye

Resumen

A partir de los resultados de experimentos realizados durante treinta años en la estación de Bébedjia en Chad, los autores analizan la evolución de la presión de los organismos dañinos en el cultivo algodónero y siguen la adaptación de las recomendaciones de protección hechas a los servicios de vulgarización.

Las pérdidas de producción debidas a la acción nociva de los carpófagos (*Helicoverpa armigera* Hbn., *Diparopsis watsoni* Toth y *Earias* sp.) siguen siendo elevadas, alcanzando una media del 54,7% del potencial de cultivo, pero son muy variables de un año a otro. Respecto a la proporción de capsulas totalmente sanas, la incidencia de los organismos dañinos disminuyó durante el periodo estudiado. Esta evolución podría explicarse por una mayor

precozidad de las variedades y la menor abundancia de algunos organismos dañinos al final de la campaña.

En este dispositivo, las recomendaciones de protección garantizan una producción suficiente, es decir un 78,9% del potencial como media, duplicando prácticamente la producción lograda en ausencia de tratamiento. Estos resultados respecto a los de una protección máxima mejoraron durante el periodo considerado debido a la evolución del tipo de materias activas empleadas, tanto respecto a las producciones como al porcentaje de capsulas totalmente sanas. La aparición de los piretrinoides permitió obtener grandes progresos, pero hay que permanecer atentos al mantenimiento de su eficacia contra los carpófagos.

PALABRAS CLAVE: algodónero, protección fitosanitaria, recomendaciones, Chad.